

[4]Adaptive M-ary spread spectrum based dual-function detection and communication system

简要总结：提出了基于探测通信双功能系统的自适应M进制扩频技术；

具体而言是。将信息通过**自适应的M进制扩频调制**嵌入用于声纳探测的波形，实现联合探测通信功能。

为了提高集成系统的整体性能，该项工作中应用了广义正弦调频波形，并通过遗传算法对其进行了优化。数值模拟与实验结果证该项技术可应用于CAS系统的联合探测通信。

1.研究背景

水下作战方法似乎正在朝着信息化和系统化的方向发展,通信的同时缺少探测功能会威胁到自身平台的感知能力与安全性；因此两个功能的集成有必要性。但由于水声环境的复杂特性（多径时延、严重的多普勒效应等），还没有得到发展。

除此之外，集成化系统的研究主要内容——波形设计也存在着较大困难。

通信方面要求最大程度的信息熵，而探测方面要求相干与严格的波形来获得脉冲压缩增益以提高检测性能。集成波形应具有上述两个方面的要求特性。

传统脉冲主动声纳（PAS）的明显缺点是探测效率低，即TRR低；而为了提高运动目标跟踪轨迹的连续性，有必要提高主动声纳的目标重访率。一种解决方案是连续发送检测信号并接收目标回波，以实现连续的目标检测。

2.现有研究&面临挑战&解决方案

- 关于GSFM波形：
 - 现有研究：

相关研究已经提出了使用**GSFM波形**，该波形可以通过改变参数或频率反射（FR）来产生具有低相互干扰的正交脉冲，并且它们占据相同的频带。且证明了这种波形有优异的混响抑制性能，可应用于CAS系统。

- 面临挑战：

然而，由于正交GSFM脉冲的**参数很难确定**，因此很难使用参数变化来识别正交的GSFM脉冲。仅基于FR生成的正交GSFM脉冲的数量不足以支持CAS系统。因此，必须使用具有高计算复杂度的数值方法来求解产生正交GSFM脉冲的参数。
- 解决方案：

使用**遗传算法（GA）**通过构造合适的**代价函数（CF）**来优化GSFM脉冲的参数。CF考虑了UWA通信和CAS检测，使GSFM能够在CAS-IUDC系统中应用。
- 关于M进制扩频通信：
 - 现有研究：

相关研究证明M进制扩频调制利用了波形的正交性，提供了更高的通信速率和频带效率。
 - 面临挑战：

随着调制阶数的增加，传统M进制扩频调制所需的波形呈指数级增长。
 - 解决方案：

提出了一种自适应M进制扩频（AMSS）调制方案，该方案只需要少量的正交波形就可以实现与传统方案等效的通信速率。

3.信道模型

为了避免影响CAS系统的目标检测能力，提出了一种基于AMSS调制的CAS-IUDC方法（CAS-IUDC-AMSS）。通过对CAS系统的每个子脉冲进行M进制扩频编码来携带数字信息。CAS-IUDC-AMSS系统发射的子脉冲被设计为独立的，以减少检测多个目标时它们之间的相互干扰。

发射端：CAS系统不断地将信号传输到介质中，并收集感兴趣目标的回波。

接收端：使用计算复杂度低的M进制能量检测器（MED）算法对接收信号进行解码，而不需要信道均衡；在综合平台接收端，使用传统的阵列处理技术估计目标的各种参数，包括距离、速度和方位。

4.优化模型

为了提高CAS-IUDC-AMSS系统的性能，本文采用遗传算法GA对GSFM脉冲串的参数 α 、 ρ 和FR进行了优化。

GA的主要操作包括：染色体编码、初始种群设置、进化代数设置、交叉概率和突变概率

设置、适应度函数计算、选择、交叉和突变等。在可行区域随机生成几个个体作为初始种群。

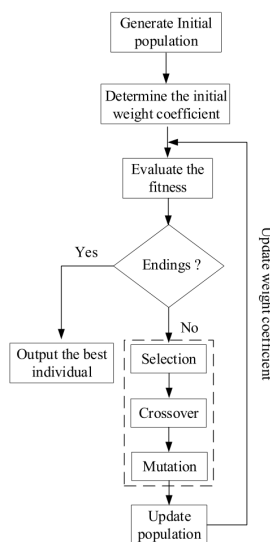


Fig. 9. The flow chart for GA processing.

5. 仿真性能分析

• GSFM脉冲串的优化

- 最小适应度和平均适应度随着世代的增加而减小。最小适应度在160次迭代后变得稳定，这表明已经获得了最佳个体（即所需数量的GSFM波形）
- 优化的GSFM脉冲串中子脉冲的匹配滤波结果显示：子脉冲之间的几乎正交性大大减少了相互干扰，这有利于CAS-IUDC-AMSS系统的探测。

• 通信误码率

- 相同信噪比（SNR）下，以优化的GSFM信号作为子脉冲的CASIUDC-AMSS系统与LFM相比具有更低的BER。当信噪比大于一定值时，可以在有限的数据传输下进行零BER通信。

• 探测性能

- 使用Monte-Carlo仿真分析所提出的CAS-IUDC-AMSS系统的探测性能。仿真结果表明，与LFM信号相比，所提出的使用优化的GSFM信号的集成系统具有更好的探测性能。

综上所述，用优化后的GSFM信号作为子脉冲的CAS-IUDC-AMSS系统比采用LFM信号具有更好的通信与探测性能。

6.摘录笔记

In the sonar systems, matched filter is the most commonly used receiver algorithms for target detection in AWGN. If the target is relatively stationary to the transmitter and receiver, the target echo can match with the transmitted IUDC signal at some certain time delay. However, if the target moves, the Doppler effect will occur, causing the signal to be stretched or compressed in the time domain.

在声纳系统中，匹配滤波器是AWGN中最常用的目标检测接收机算法。如果目标相对于发射器和接收器相对静止，则目标回波可以在某个特定的时间延迟与发射的IUDC信号匹配。然而，如果目标移动，就会产生多普勒效应，导致信号在时域中被拉伸或压缩。

The receiver perform matched filtering at different time delays and Doppler scaling factors to detect presence of targets. It is well known that the detection performance could be measured by the AF function.

接收器在不同的时间延迟和多普勒缩放因子下执行匹配滤波，以检测目标的存在。众所周知，可以通过AF功能来测量检测性能。